动 物 学 研 究 2005, Apr. 26 (2): 136-141 CN 53-1040/Q ISSN 0254-5853
Zoological Research

人为干扰对黑腹滨鹬觅食行为的影响

杨月伟[1,2]，夏贵荣[1]，丁 平[1,*]，陈余钊[3]
(1. 浙江大学 生命科学学院，浙江 杭州 310012；2. 曲阜师范大学 生命科学学院，山东 曲阜 273165；
3. 温州市林业局，浙江 温州 325005)

摘要：2003年11月至2004年3月，采用目标动物取样法和人为干扰实验法，于浙江省乐清湾滩涂进行人类活动对黑腹滨鹬（*Calidris alpina*）觅食行为影响的研究。取样观察结果表明，在每天沿海堤可观察黑腹滨鹬持续觅食的1 h里，96.6%的黑腹滨鹬在35 m或更小的距离上通过奔跑或惊飞对人类的活动作出反应；黑腹滨鹬花费90%（人类较多的盐盆滩涂为85%，较少的乐成滩涂为94%）的时间觅食，10%的时间用于避免人类的干扰；人数、人类活动类型对觅食时间具有显著影响，人数、人离黑腹滨鹬的距离、人类活动类型对黑腹滨鹬移动的距离、移动的次数以及黑腹滨鹬对人类靠近的反应均具有显著效应。人为干扰最小接近距离实验结果表明，黑腹滨鹬对人类反应的距离在3~30 m；干扰人数为1人时的最小接近距离显著大于2人；人类行走和奔跑的两种活动类型对黑腹滨鹬的最小接近距离没有显著影响。本研究验证了滨鸟觅食区内的人为活动严重影响黑腹滨鹬觅食行为的假设。

关键词：人为干扰；黑腹滨鹬；觅食行为；最小接近距离
中图分类号：Q959.727 **文献标识码**：A **文章编号**：0254-5853 (2005) 02-0136-06

Effects of Human Disturbance on Foraging Behavior of Dunlins *Calidris alpina*

YANG Yue-wei[1,2], XIA Gui-rong[1], DING Ping[1,*], CHEN Yu-zhao[3]
(*1. College of Life Science, Zhejiang University, Hangzhou 310012, China; 2. College of Life Science, Qufu Normal University, Qufu 273165, China; 3. Forestry Bureau of Wenzhou, Wenzhou 325005, China*)

Abstract: Studies on effects of human activity on the foraging behavior of dunlins *Calidris alpina* were conducted using methods of focal-animal sampling and human-disturbance experiment at the beaches of Yanpen and Yuecheng, Yueqing bay in Zhejiang Province from November 2003 to March 2004. Results of focal-animal sampling showed that 96.6% of dunlins responded to human disturbances at a distance of 35 m or less by either running or flying. Dunlins spent 90% (94% in Yanpen with less people while only 85% in Yuecheng with more people) of the time foraging and 10% avoiding human disturbance generally. Number of persons and type of human activities had significant effects on foraging time, respectively. The distance and frequency of dunlin moved, and the response behaviors of dunlin to human approaching were significantly sensitive to the number of persons, the type of human activities and the distance from humans. The results of human-disturbance experiment indicated that the distances of dunlins responding to human were 3-30 m. The minimal approach distance to dunlins was significantly lager at one disturber than that at two disturbers, but no significant difference between two types of human activities, walking and running. This study tested the hypothesis that the human activities in shorebird foraging areas adversely affect the foraging behavior of dunlins.

Key words: Human disturbance; Dunlin; Foraging behavior; Minimal approach distance

随着人类活动范围的拓展，人为干扰已成为全球性受胁鸟类面临的主要威胁之一（Crosby, 2003），人为干扰对鸟类的效应及相关对策的探讨也已成为鸟类生态学家和保护工作者关注的热点之

收稿日期：2004-11-23；接受日期：2005-01-05
基金项目：浙江省自然科学基金重点重大资助项目（ZE0204）；浙江省温州市林业局资助项目
* 通讯作者（Corresponding author），E-mail: dingpzu@mail.hz.zj.cn, Tel: 0571-87982601

一，并在人为干扰对鸟类觅食和繁殖（Burger, 1987）、在某区域的数量和分布（Pfister et al, 1992）的影响以及人为干扰预测模型（West et al, 2002）等方面开展了不少研究。

觅食行为是鸟类最基本的行为之一（Stillman & Goss-Custard, 2002），它直接影响着鸟类的能量摄入，进而影响种群数量、分布及其统计学特征。滩涂滨鸟作为一类较易于观察的湿地水鸟和觅食行为研究的重要类群，对其觅食行为的研究有较多报道：如时间（McLachlan et al, 1980）、潮汐（Puttick, 1979）、盐度（Prater, 1981）、天气（Evans, 1981）和栖息地（Duffy et al, 1981）等因子对滨鸟觅食行为和觅食成功率影响的研究，以及基于食物丰盛度、食物可利用性（Goss-Custard, 1984）和搜寻食物（Metcalfe, 1985）的滨鸟栖息地利用和觅食行为模型的研究等；不过对其觅食行为的早期研究多数集中在人为干扰较少的区域（Burger, 1984）。然而，滨鸟是对干扰最为敏感的沿海水鸟类群（Burger, 1981）。随着全球沿海人口的增加和对滩涂开发利用的加剧，忽视人为干扰因素的觅食行为研究已难以准确揭示滨鸟自然状况下的觅食行为机制。因此，探索人为干扰对滨鸟觅食行为效应的工作受到了重视（Burger & Gochfeld, 1991; Burger, 1993, 1994; Vines, 1992）。此类研究虽然证明了人为干扰对滨鸟觅食行为的效应，但由于野外实验设计的局限性，因而对人为干扰类型、方式和滨鸟觅食行为改变的相关性缺少深入的研究。

黑腹滨鹬（*Calidris alpina*）是浙江沿海的优势滨鸟（Ding et al, 2003），本研究以分布于浙江省乐清湾的黑腹滨鹬为目标物种，旨在检验以下两个假设：(1) 人为干扰活动对黑腹滨鹬觅食具有不利影响，(2) 快速和群体的人为干扰活动对黑腹滨鹬的觅食行为比慢速和个体的活动具有更大的负面效应；从而力求阐明该区影响滨鸟觅食行为的人类活动类型，促使人类修正自己在滩涂上的行为，以减少对觅食滨鸟的干扰。

1 方 法

1.1 研究地区

乐清湾位于浙江南部沿岸瓯江口北侧，地理坐标在 27°59′09″—28°24′16″N, 120°57′55″—121°17′09″E，从湾口到湾顶长约 40 km，全湾平均宽度 10 km 左右，中部窄处约 4.5 km，是一个葫芦形半封闭内湾。面积 533 km^2，其中约有滩涂面积 266.5 km^2，湾内水深不一，由湾口到湾顶逐渐变浅，乐清湾属于半日潮海区，是我国著名的强潮海湾之一，由湾口到湾顶逐渐增大，最大潮差值约 8.24 m，约为湾口的 1.19 倍。该湾地处中亚热带，属典型的副热带季风气候区。受海洋性气候影响，温暖潮湿，雨量充沛。年平均气温为 17.7 ℃，最冷月平均气温为 7.4 ℃，最热月平均气温为 27.9 ℃，年平均相对湿度 81%，年降水量 1557.3 mm。海水盐度年平均 22.55‰，10 月份最高为 25.47‰，12 月份最低为 18.92‰。

乐清湾具有丰富的鸟类资源，是许多冬候鸟重要的越冬地或停歇地。共分布有 31 种冬季水禽（Ding et al, 2003），优势种包括黑腹滨鹬、环颈鸻（*Charadrius alexandrinus*）、红嘴鸥（*Larus ridibundus*）和绿翅鸭（*Anas crecca*）等。

1.2 研究方法

2003 年 11 月至 2004 年 3 月在乐清湾的乐成和盐盆两块滩涂进行越冬黑腹滨鹬觅食行为的观察和实验。

1.2.1 野外直接观察 根据研究地区的潮汐情况，沿着海堤，能清楚地观察黑腹滨鹬取食的时间约为 1 h，故我们每天的观察时间为 1 h，该时间是黑腹滨鹬在研究地区觅食的持续时间。在该时间观察记录以下数据：日期；白昼时间；低潮时间；低潮水平；滩涂上黑腹滨鹬的数量；滩涂上的人数；滩涂上其他鸟类的数量和种类。

依据 Burger & Gochfeld（1991）的工作方法，在 1 h 的观察时间里，间断地进行取样，每个取样时间为 1 min。首先从觅食个体中随机选取目标动物，然后在取样时间里记录如下信息：黑腹滨鹬的觅食时间；黑腹滨鹬受人类干扰的时间（规避时间）；黑腹滨鹬因人类干扰而移动的次数；黑腹滨鹬由于人类干扰而移动的估计总距离；黑腹滨鹬对人类干扰的反应行为（跑动或惊飞）；造成干扰的人数；干扰发生时人类的活动类型；干扰行为发生时人和鸟间的估计距离。如果目标个体飞离视线，则放弃该个体的记录数据。

取样观察前，检验观察者估计距离的准确性，并进行多次训练，直至其估计的距离接近真实距离。

1.2.2 最小接近距离实验 采用最小接近距离实

验，以检验黑腹滨鹬对人类活动的某些类型具有较高耐受程度的假设。根据 Roberts & Evans (1993) 的方法进行最小接近距离实验，以确定单人或群体能够接近觅食黑腹滨鹬而不改变其觅食行为的最小距离。为测定最小接近距离，观察者随机选取觅食群体中的一个个体。一旦确定目标个体后，“入侵者”在不知具体目标个体的情况下开始接近群体。当观察者注意到目标个体的觅食行为发生改变时，告知“入侵者”停止。随后，测定“入侵者”与黑腹滨鹬最后觅食位置间的距离。入侵者活动分行走和奔跑两种类型。

该实验共进行 236 次，检验黑腹滨鹬对一个人行走的反应 ($n=65$)，对一个人奔跑的反应 ($n=62$)，对两个人行走的反应 ($n=58$) 和对两个人奔跑的反应 ($n=51$)。

1.3 统计分析

采用 ANOVA 统计分析，确定研究地点、白昼时间、人数、人类活动类型和人离黑腹滨鹬的距离等变量对黑腹滨鹬的觅食时间、移动次数、移动距离和反应行为是否具有显著的影响；以 Mann-Whitney U 检验，检验不同人为干扰情况对黑腹滨鹬最小接近距离的影响是否具有显著差异。以上分析均以 Statistica 统计软件包完成。

2 结 果

2.1 野外直接观察结果

共观察了 550 个目标个体。每个个体平均每隔 15 min 被经过的人们干扰一次，其中 96.6% 的黑腹滨鹬在 35 m 或更小的距离对人类的干扰作出反应 (图 1)。在 1 min 的取样时间内，面对人为干扰，46% 的个体移动一次，而 54% 的个体移动一次以上。

在滩涂上，共观察到 5 种人类活动。1 min 取样时间内记录了 3 种主要活动：其中，步行是最常见的活动，占 56%；跑动其次，占 38%；固定的赶海或者围垦活动较少，只占 6%。在取样时间之外，两次观察到一人向一群黑腹滨鹬投掷物体；偶尔，有机动车驶过滩涂附近的人工海堤，此时距车辆 50m 内的大部分黑腹滨鹬惊飞，而且返回原觅食地的间隔时间较长。

在取样时间内，不同地点的黑腹滨鹬在觅食和规避的平均时间分配上有差异 (表 1)。总体而言，黑腹滨鹬花费 90% 的时间觅食，10% 的时间用于避免人类的干扰。在人类较少的盐盆滩涂，黑腹滨鹬大约花费 94% 的时间觅食，而在人类活动较多的乐成滩涂，用于觅食的时间减为 85%。

ANOVA 统计结果 (表 2) 显示，人数和人类活动类型对黑腹滨鹬的觅食时间具有显著影响；人数、人类活动类型、人与黑腹滨鹬间的估计距离对黑腹滨鹬移动的次数、移动的估计距离，以及黑腹滨鹬对人类靠近的反应行为 (奔跑或惊飞) 也均有显著影响；而地点 (乐成和盐盆) 和周白昼时间对觅食时间等则没有显著影响。

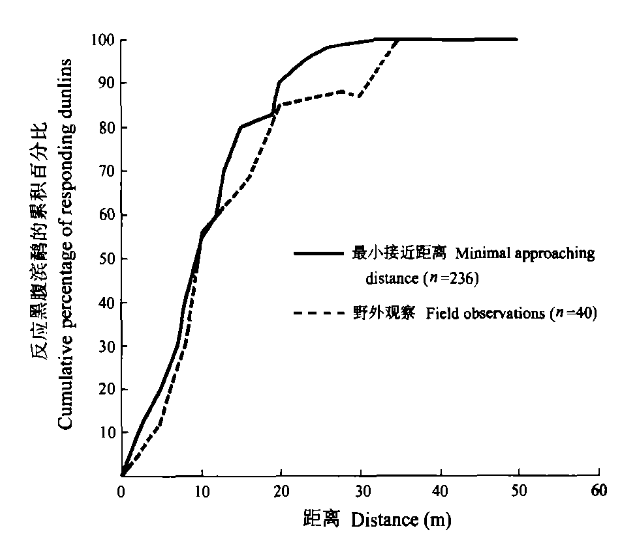


图 1 对接近人类产生反应的黑腹滨鹬的累积百分比
Fig. 1 Cumulative percentage of dunlins responding to approaching people

表 1 黑腹滨鹬觅食和规避时间的分配
Tab. 1 Distribution of dunlins at foraging time and avoiding time

研究地点 Study site	觅食时间 Foraging time (%)	规避时间 Avoiding time (%)	n
盐盆 Yanpen	0.94 ± 0.04	0.06 ± 0.01	265
乐成 Yuecheng	0.85 ± 0.03	0.15 ± 0.02	241
合计 Total	0.90 ± 0.02	0.10 ± 0.03	506

表 2 黑腹滨鹬对人为干扰的反应的 ANOVA 结果

Tab. 2 ANOVA results of responses to human disturbance in dunlins

	黑腹滨鹬 Dunlin							
	觅食时间 Foraging time		移动次数 Number of moves		移动距离 Distance moved		反应行为 Action	
	F (df_1, df_2)	P	F (df_1, df_2)	P	F (df_1, df_2)	P	F (df_1, df_2)	P
研究地点 Study site	0.79 (1, 405)	0.459	0.52 (1, 405)	0.684	0.34 (1, 405)	0.802	0.22 (1, 405)	0.889
周白昼时间 Day of week	0.84 (1, 9)	0.467	0.56 (1, 9)	0.574	0.33 (1, 9)	0.685	0.96 (1, 9)	0.426
人类活动类型 Activity type of people	9 (1, 402)	<0.001	45 (1, 386)	<0.001	28 (1, 386)	<0.001	83 (1, 386)	<0.001
鸟与人的距离 Distance of bird from people	0.98 (1, 410)	0.361	25 (1, 322)	<0.001	12 (1, 322)	<0.001	91 (1, 322)	<0.001
人数 Number of persons	19 (1, 505)	<0.001	241 (1, 496)	<0.001	32 (1, 496)	<0.001	199 (1, 496)	<0.001

2.2 最小接近距离

黑腹滨鹬对人类反应的距离在 4 ~ 30 m（图 1）。最小接近距离实验结果显示，所有活动的最小接近距离为 13 ± 5.0 m。不同干扰人数情况下测定的最小接近距离具有显著的差异（Mann-Whitney U 检验：$z = 2.85$，$P < 0.001$）（图 2），然而不同活动类型的最小接近距离却没有显著差异（$z = 0.52$，$P = 0.251$）（图 2）。一人行走和两人奔跑致使黑腹滨鹬惊飞的两组最小接近距离具有显著性差异（$z = 2.08$，$P < 0.001$）（图 3）。不论"人侵者"的人数多少或采取何种活动方式，黑腹滨鹬的典型反应方式是奔跑，占 75%；另外还有惊飞，占 25%（图 4）。

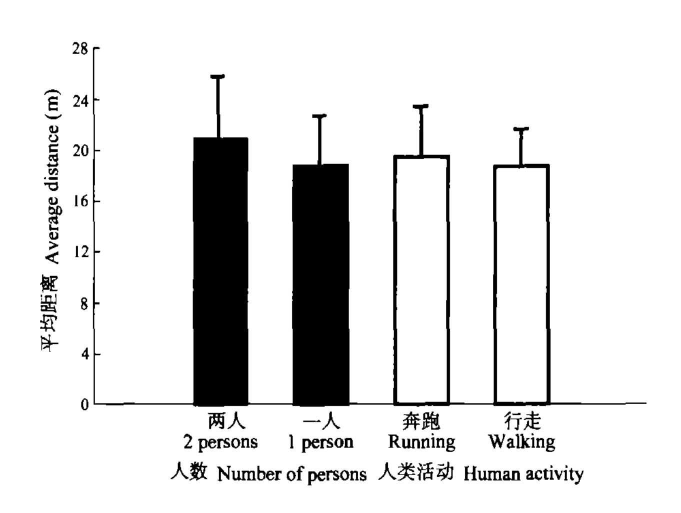


图 2 人数和人类活动对黑腹滨鹬最小接近距离的影响

Fig. 2 Effect of number of persons and human activity on minimal approach distance of dunlins

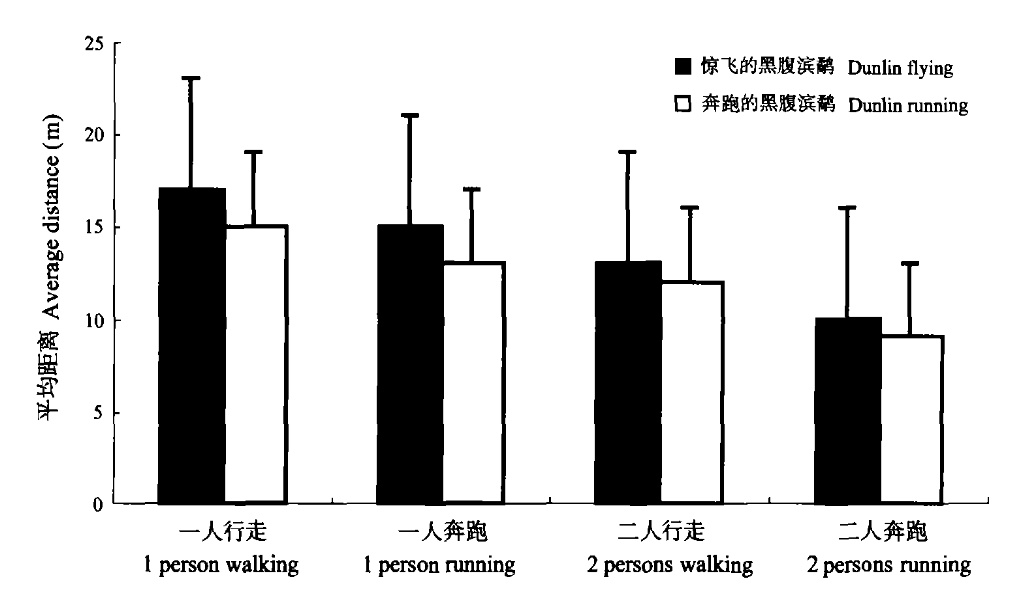


图 3 人类活动对黑腹滨鹬不同反应下最小接近距离的影响

Fig. 3 Effect of human activity on minimal approach distance of dunlins with different responses

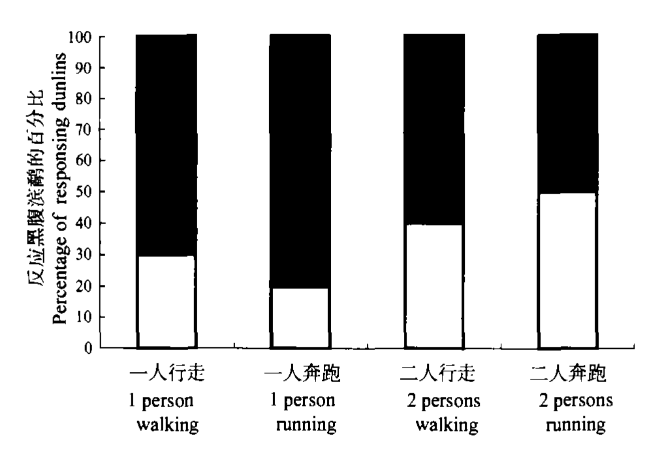


图4 不同人为干扰情况下黑腹滨鹬两种反应的百分比
Fig. 4 Percentages of two types of dunlin's responses under different human interruptions

3 讨论

3.1 人类活动对滨鸟觅食时间的影响

露滩时间有限的潮间带是沿海滨鸟的主要栖息地，足够的觅食时间对于滨鸟是否利用某处潮间带至关重要（McLachlan et al，1980）。人为干扰则可以通过减少滨鸟的觅食时间而影响其对栖息地的利用（Burger，1994）。Burger（1993）通过人数对三趾滨鹬（*Calidris alba*）的觅食时间的影响研究证明，人为干扰可以显著减少滨鸟的觅食时间。如果人为干扰致使滨鸟不能保证足够的觅食时间，滨鸟就会作出相应的反应。Vines（1992）报道，由于Florida海滨人口的增加，美洲蛎鹬（*Haematopus palliatus*）被迫将其觅食活动转移至离岸的岛屿。Burger & Gochfeld（1991）发现，三趾滨鹬不仅在人类较少的区域集中觅食，而且增加了夜间觅食时间。而笛鸻（*Charadrius melodus*）等滨鸟则在人数最少的特殊栖息地内集中觅食（Burger，1994）。本项研究结果亦表明，当干扰者人数较多或者其快速活动类型较多时，受干扰的黑腹滨鹬会显著减少觅食时间。同时在野外观察中发现，黑腹滨鹬经常在未露滩时选择水深合适的池塘进行觅食，这可能是滨鸟为弥补人为干扰所减少的觅食时间而进行补偿性觅食，从而使其容忍某种程度的干扰（Urfi et al，1996）。

3.2 滨鸟对人为干扰的反应

动物对干扰的反应可视为食物摄入和人类出现后潜在捕食风险间的权衡（Gill et al，1996）。当人类活动的潜在威胁较大时，滨鸟被迫通过相应的反应暂时放弃觅食。许多研究（Burger，1994；Urfi et al，1996）证明，三趾滨鹬、美洲蛎鹬等滨鸟在觅食时均对人类活动产生了不同程度的反应。本项研究把人为干扰因子类型和黑腹滨鹬反应类型进行细化，以测定具体干扰因子对滨鸟特定反应的效应。结果表明，人数、人离黑腹滨鹬的估计距离、人类活动类型分别对黑腹滨鹬移动的估计距离、黑腹滨鹬移动的次数以及黑腹滨鹬对人类靠近的反应具有显著效应。

3.3 滨鸟对人为干扰的耐受性

对多数陆地鸟类和游禽而言，惊飞距离往往能反映鸟类对人为干扰反应的耐受程度（Erwin，1989），而滨鸟对人为干扰的反应不仅是"惊飞"，还有跑动等反应方式，因此在滨鸟的人为干扰研究中采用最小可接近距离更为合适（Roberts & Evans，1993）。由于滩涂中阻挡滨鸟视线的障碍物较少，滨鸟对人为干扰所作出的最初反应往往是奔跑，而不是惊飞（Burger，1994）。本研究通过最小活动距离的人为实验研究证明，不论"入侵者"的人数多少或采取何种活动方式，奔跑是黑腹滨鹬对人类活动较为常见的最初反应方式。

尽管滨鸟对人为干扰的耐受性会受许多因素的影响，但特定物种在某一区域对干扰的耐受性最直接的影响因子是干扰人数和干扰的活动类型（Burger & Gochfeld，1991）。Roberts & Evans（1993）的研究证明，随着干扰人数的增加三趾滨鹬的最小接近距离显著增大，干扰者奔跑时三趾滨鹬的最小接近距离显著大于干扰者行走时的最小接近距离，亦即三趾滨鹬更能容忍较少的干扰人数和慢速的干扰类型。本项研究采取与之相同的研究方法，但结果却不尽相同。虽然干扰人数较多时对黑腹滨鹬的最小接近距离显著增大；而且尽管干扰者奔跑时相对于行走时黑腹滨鹬的最小接近距离较大，但二者的差异不显著。造成这种差异的原因除了物种特异性（Burger & Gochfeld，1991）外，可能还与人为干扰的强度有关。另外在人类干扰强度较大的区域，鸟类往往会产生一定的适应性，因而对人为干扰的反应较弱（Urfi et al，1996），表现为该处鸟类的最小接近距离较小。在沙质潮间带中，人们的娱乐休闲活动对三趾滨鹬造成了频繁的干扰，因此，三趾滨鹬的最小接近距离较小。而本项研究中，黑腹滨鹬的栖息地属于泥质滩涂，其受人为干扰的强度相对较小，因而，其最小接近距离较大。但当某种干扰对鸟类是极为有害时，即使在

离人类较远时，鸟类也会作出强烈的反应。一般而言，鸟类随着与人类距离的增大，对人类活动类型的反应强度降低（Smit & Visser，1993）。

参考文献：

Burger J. 1981. The effect of human activity on birds at a coastal bay [J]. *Biological Conservation*, **21**: 231 - 241.

Burger J. 1984. Abiotic factors affecting migrant shorebirds [A]. In: Burger J, Olla BL. Shorebirds: Migration and Foraging Behavior [M]. New York: Plenum Press. 1 - 73.

Burger J. 1987. Physical and social determinates of nest-site selection in piping plover in New Jersey [J]. *The Condor*, **89**: 811 - 818.

Burger J. 1993. Shorebird squeeze [J]. *Natural History*, **102**: 8 - 12.

Burger J. 1994. The effect of human disturbance on foraging behavior and habitat use in piping plover (*Charadrius melodus*) [J]. *Estuaries*, **17** (3): 695 - 701.

Burger J, Gochfeld M. 1991. Human activity influence and diurnal and nocturnal foraging of sanderlings (*Calldris alba*) [J]. *The Condor*, **93**: 259 - 265.

Crosby MJ. 2003. Saving Asia's threatened birds [M]. Cambridge: Bird Life International.

Ding P, Liu AX, Chen ZH, Sun MJ, Xia GR. 2003. Waterbirds in coastal wetland area of Zhejiang Province [A]. In: Yan CW. Proceedings of 5th Ornithological Symposium of Mainland and Taiwan [C]. Taizhong: Taiwan Museum. 241 - 248. [丁　平，刘安兴，陈征海，孙孟军，夏贵荣. 2003. 浙江沿海滩涂湿地水鸟多样性. 见：颜重威. 第五界海峡两岸鸟类学术研讨会论文集. 台中：国立自然科学博物馆. 241 - 248.]

Duffy DC, Atkins N, Schneider DC. 1981. Do shorebirds compete on their wintering grounds [J]. *Auk*, **98**: 215 - 248.

Erwin RM. 1989. Responses to human intruders by birds nesting in colonies: Experiments results and management guidelines [J]. *Colonial Waterbirds*, **12**: 104 - 108.

Evans PR. 1981. Migration and dispersal of shorebirds as a survival strategy [A]. In: Jones NV, Wolff WJ. Feeding and Survival Strategy [M]. New York: Plenum Press. 275 - 290.

Gill JA, Sutherland WH, Watkinson AR. 1996. A method to quantify the effects of human disturbance on animal populations [J]. *J. Appl. Ecol.*, **33**: 786 - 792.

Goss-Custard JD. 1984. Intake rates and food supply in migrating and wintering shorebirds [A]. In: Burger J, Olla BL. Shorebirds: Migration and Foraging Behavior [M]. New York: Plenum Press. 233 - 270.

McLachlan GR, Wooldridge T, Schramn M, Kuhn M. 1980. Seasonal abundance, biomass and feeding of shorebirds on sandy beaches in the Eastern Cape, South Africa [J]. *Ostrich*, **51**: 44 - 52.

Metcalfe NB. 1985. Prey detection by intertidally feeding Lapwing Zeits [J]. *Tierpsychologie*, **64**: 45 - 57.

Pfister C, Harrington BA, Lavine M. 1992. The impact of human disturbance on shorebird at a migration staging area [J]. *Biological Conservation*, **60**: 115 - 126.

Prater AJ. 1981. Estuary Birds of Britain and Ireland [M]. Calton: Poyser.

Puttick GM. 1979. Foraging behavior and activity budgets of Curlew Sandpipers [J]. *Ardea*, **67**: 111 - 122.

Roberts G, Evans PR. 1993. Responses of foraging sanderlings to human approachers [J]. *Behavior*, **126**: 29 - 43.

Smit JC, Visser GJM. 1993. Effects of disturbance on shorebirds: A summary of existing knowledge from the Dutch Wadden Sea and Delta area [J]. *Wader Study Group Bulletin*, **68** (special issue): 6 - 19.

Stillman RA, Goss-Custard JD. 2002. Seasonal changes in the response of oystercatchers *Haematopus ostralegus* to human disturbance [J]. *Journal of Avian Biology*, **33**: 358 - 365.

Urfi AJ, Goss-Custard JD, Durell SEA. 1996. The ability of oystercatchers *Haematopus ostralegus* to compensate for lost feeding time: Field studies on individually marked birds [J]. *J. Appl. Ecol.*, **33**: 873 - 883.

Vines G. 1992. Florida shorebird forced to flee [J]. *New Scientist*, **135**: 14.

West AD, Goss-Custard JD, Stillman RA, Caldow RWG, Durell SEA, McGrorty S. 2002. Predicting the impacts of disturbance on shorebird mortality using a behavior-based model [J]. *Biological Conservation*, **106**: 319 - 328.